

PAT-NO: JP02002262488A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002262488 A

TITLE: CARRYING SYSTEM AND ROTARY ELECTRIC  
MACHINE

PUBN-DATE: September 13, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KIN, KOUCHIYUU	N/A
UEDA, SHIGETA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD	N/A

APPL-NO: JP2001053425

APPL-DATE: February 28, 2001

INT-CL (IPC): H02K001/27, H02K001/22 , H02K001/28 ,  
H02K016/02 , H02K021/14

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the weak field system of  
the magnetic flux  
of a permanent magnet.

SOLUTION: The rotor of a permanent magnet rotary  
electric machine is divided  
to enable relative motion.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO

PAT-NO: JP02002262488A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002262488 A

TITLE: CARRYING SYSTEM AND ROTARY ELECTRIC  
MACHINE

PUBN-DATE: September 13, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KIN, KOUCHIYUU	N/A
UEDA, SHIGETA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD	N/A

APPL-NO: JP2001053425

APPL-DATE: February 28, 2001

INT-CL (IPC): H02K001/27, H02K001/22 , H02K001/28 ,  
H02K016/02 , H02K021/14

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the weak field system of  
the magnetic flux  
of a permanent magnet.

SOLUTION: The rotor of a permanent magnet rotary  
electric machine is divided  
to enable relative motion.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-262488

(P2002-262488A)

(43) 公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
H 0 2 K 1/27	5 0 1	H 0 2 K 1/27	5 0 1 A 5 H 0 0 2
1/22		1/22	A 5 H 6 2 1
1/28		1/28	A 5 H 6 2 2
16/02		16/02	
21/14		21/14	M
審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-53425(P2001-53425)

(22) 出願日 平成13年2月28日 (2001.2.28)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 金 弘中

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 上田 茂太

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

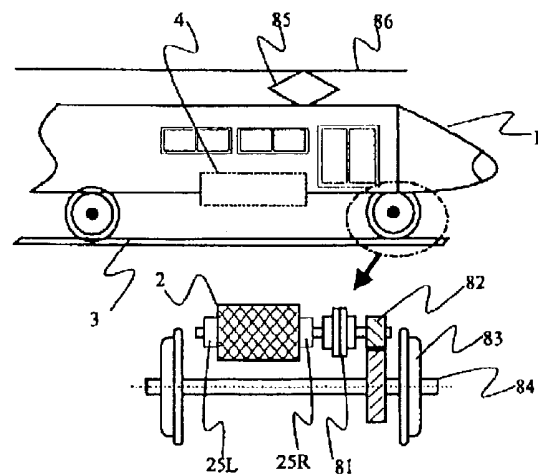
(54) 【発明の名称】 搬送システム及び回転電機

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石の磁束の弱め界磁を可能とする。

【解決手段】 永久磁石回転電機の回転子を分割し相対運動可能とする。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子からなる回転電機において、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石とは軸方向と回転方向に変位する機構を有することを特徴とする回転電機。

【請求項2】一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子からなる回転電機において、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して軸方向と回転方向に変位する機構を有することを特徴とする回転電機。

【請求項3】請求項1と請求項2の回転電機において、一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して軸方向と回転方向に変位する機構を用いて、前記一次巻線を有する前記固定子に対して、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁界が変化することを特徴とする回転電機。

【請求項4】回転電機は、一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子を有し、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して軸方向と回転方向に変位する機構を有し、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁界が変化する回転電機と、前記回転電機を動力源とし使用する台車と、外部から前記台車内に電力を取り入れる集電装置と、前記回転電機の電力を制御する電力変換器とを有する搬送システム。

【請求項5】回転電機は、一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子を有し、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して軸方向と回転方向に変位する機構を有し、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁界が変化する回転電機と、前記回転電機を動力源とし使用する電気車と、外部から前記電気車内に電力を取り入れる集電装置と、前記回転電機の電力を制御する電力変換器とを有する鉄道車両システム。

【請求項6】請求項4記載の搬送システムにおいて、前記回転電機は、一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子を有し、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が

並んでいる第2の界磁用磁石とを有し、前記の第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石は前記固定子磁極に対向しているとともに、前記の第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁界は回転子のトルク方向に基づいて変化させる機構を有し、このトルク方向に基づいて変化させる機構は、回転子に発生するトルク方向と第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石間の磁気作用力との釣合いにより前記第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石の同磁極中心が並ばせる方向にする手段と、回転子に発生するトルク方向が反対になるに伴い第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁界が変化する方法とを有する回転電機を有する搬送システム。

【請求項7】請求項4記載の搬送システムにおいて、前記回転電機の低速回転時は、回転子に発生するトルク方向と第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石間の磁気作用力との釣合いにより前記第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石の同磁極中心が並ばせる方向にする手段と、前記回転電機の高速回転時は、回転子に発生するトルク方向が反対になるに伴い第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁界が変化する方法とを有する回転電機を用いる搬送システム。

【請求項8】請求項1から請求項6記載の回転電機において、両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構は、両方の界磁用磁石はシャフトとは可動自在にすると共に、シャフトにはボルトのネジ部と両方の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせたことを特徴とする回転電機。

【請求項9】請求項1から請求項6記載の回転電機において、前記回転電機の一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して変位する機構は、一方の界磁用磁石はシャフトに固定し、他方の界磁用磁石はシャフトとは可動自在にすると共に、シャフトにはボルトのネジ部と他方の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせたことを特徴とする回転電機。

【請求項10】請求項8と請求項9記載の回転電機において、少なくとも片方の界磁用磁石はシャフトとは可動自在にすると共に、シャフトにはボルトのネジ部と他方の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせて接続し、可動自在にした前記界磁用磁石の側面から離れたところにはストッパを設けたことを特徴とする回転電機。

【請求項11】請求項10記載の前記ストッパは、必要に応じてシャフトと平行に可変可能な機構を持つことを特徴とする回転電機。

【請求項12】請求項1から請求項6記載の回転電機において、前記第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁極位置のずれに応じて前記電力変換器を制御するコントローラによる電流供給の進角を補正することを特徴とする回転電機。

【請求項13】請求項1から請求項6記載の回転電機に

において、少なくとも一つ以上の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、シャフトにはボルトのネジ部と可動自在にした前記界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせて接続し、前記可動自在にした界磁用磁石の軸方向に対する変位量を検出し、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁極位置のずれ角に対応させ前記電力変換器を制御するコントローラによる電流供給の進角を補正することを特徴とする回転電機。

【請求項14】請求項1から請求項6記載の回転電機において、少なくとも一つ以上の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、前記可動自在にした前記界磁用磁石と前記シャフト間には回転運動と往復運動及び複合運動を案内する支持機構を複数個備えたことを特徴とする回転電機。

【請求項15】請求項1から請求項6記載の回転電機において、内周側とシャフトの間にはスリーブを介して、可動自在にした前記界磁用磁石と前記スリーブを固定したことを特徴とする回転電機。

【請求項16】請求項15のスリーブは、鉄より電気抵抗率が高い非磁性体を用いたことを特徴とする回転電機。

【請求項17】請求項1から請求項6記載の回転電機において、少なくとも一つ以上の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、前記可動自在にした前記界磁用磁石の前後にはばねを複数個備えて、前記第2の界磁用磁石の回転運動と往復運動及び複合運動を案内する特徴とする回転電機。

【請求項18】請求項1から請求項6記載の回転電機において、前記第1の界磁用磁石はシャフトに固定し、前記第2の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石が接する前記第1の界磁用磁石側面に凹部を設け、前記第2の界磁用磁石には前記スリーブの機能を兼ねた突起部を設けた構造を特徴とする回転電機。

【請求項19】請求項1から6記載の回転電機において、少なくとも一つ以上の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、前記可動自在にした前記界磁用磁石の側面から離れたところにはストッパを設け、前記ストッパは前記可動自在にした前記界磁用磁石と前記シャフトに対して回転運動と往復運動及び複合運動を案内する支持機構を備えたことを特徴とする回転電機。

【請求項20】請求項2から6記載の回転電機において、前記第1の界磁用磁石はシャフトに固定し、前記第2の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、第1の界磁用磁石を有する回転子と前記固定子間のエアギャップより、第2の界磁用磁石を有する回転子と前記固定子間のエアギャップの方が大きくしたことを特徴とする回転電機。

【請求項21】請求項1から6記載の回転電機におい

て、少なくとも一つ以上の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、前記可動自在にした前記界磁用磁石の内周側に前記ストッパと前記ストッパの可変機構を備えたことを特徴とする回転電機。

【請求項22】請求項1から6記載の回転電機において、出力軸の回転方向を切り替える機構を有することを特徴とする回転電機。

【請求項23】請求項22記載の回転電機において、出力軸の回転方向を切り替える機構は回転を反転させるギアとクラッチ機構を有することを特徴とする回転電機。

【請求項24】請求項1記載の回転電機において、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有し、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石との間に回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第3の界磁用磁石を有することを特徴とする回転電機。

【請求項25】請求項1と請求項24の回転電機において、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石とは軸方向と回転方向に変位する機構は、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石はシャフトとは可動自在にすると共に、シャフトには同一方向のボルトのネジ部と前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせたことを特徴とする回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は永久磁石を界磁に用いた回転電機に係り、特に搬送システムの駆動、回生を行う回転電機およびその制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来技術による永久磁石回転電機において、誘導起電力 $E$ は回転子に配置されている永久磁石が発生する一定磁束 $\Phi$ と回転電機の回転角速度 $\omega$ によって決定される。つまり、回転電機の回転角速度 $\omega$ （回転数）が上昇すると、回転電機の誘導起電力は比例して上昇する。

【0003】よって、低速領域で高トルクが得られるが、回転数の可変速範囲が狭いために高速領域の運転は困難であったが、弱め界磁制御技術により高速運転領域を広げる。

【0004】また、特開2000-155262では永久磁石が発生する磁束の弱め界磁方法として、ばねとガバナを用いて遠心力を利用した機構を用いる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来技術で述べた弱め界磁制御技術により高速運転領域を広げることが、弱め界磁電流による発熱や効率低下などにより限界がある。

【0006】また、特開2000-155262による

方法では、ばねとガバナの構造が複雑である。

【0007】本発明は、簡単な構造で永久磁石が発生する磁束の弱め界磁が可能な回転電機を提供し、更に、搬送システムの発進等の低回転領域における高トルク特性と、高回転領域において高出力特性が得られる永久磁石形回転電機を備えた搬送システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明では、一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子 10 からなる回転電機において、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有することを特徴とする回転電機を用いる。

【0009】また、一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子からなる回転電機において、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異 20 なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して軸方向と回転方向に変位する機構を有し、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁界が変化することを特徴とする回転電機を用いる。

【0010】更に、本発明では、回転電機と、前記回転電機の電力を制御する電力変換器と、熱機関とを有する搬送システムにおいて、前記回転電機は、一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子を有し、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次 30 異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して軸方向と回転方向に変位する機構を有し、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁界が変化する回転電機を用いる搬送システムである。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施形態について説明する。

【0012】図1は本実施例の永久磁石形同期回転電機 40 の配置レイアウトを示したものである。

【0013】回転電機を動力源として用いる搬送システムには様々であるが、その一例として、鉄道車両システムの実施例を示したのが図1である。

【0014】図1において、回転電機2と直接又は間接に取り付けられた車輪83を備えて、前記回転電機の電力を制御する電力変換器4と、電気車1と集電装置85を有する鉄道車両システムである。

【0015】ここに、前記電気車とは電気を動力として使用する鉄道車両である。また、鉄道車両システムも含 50

めた広い意味の搬送システムにおいては台車に相当する意味を持つ。

【0016】また、集電装置は車外から電気車（もしくは台車）内に電力を取り入れる装置であり、架空線86式ではパンタグラフ、第三軌条式では集電器であり、工場内の搬送システムには非接触集電装置でもある。

【0017】図1の下に示す回転電機2は継手81と歯車装置82を介して車軸84に動力を伝達する構造を示す。前記回転電機2の左右には図2に示すストッパー24を必要に応じてシャフトと平行に可変可能な機構25R、25Lを持つ。

【0018】図2は図1の回転電機の回転子同磁極中心がずれた場合の概略を示す。固定子鉄心10には電機子巻線11がスロット内に巻装されており、内部に冷媒が流れる冷却路12をもったハウジング13に結合されている。

【0019】永久磁石埋め込み型回転子20はシャフト22に固定した第1回転子20Aとシャフト22と分離した第2回転子20Bからなる。勿論、永久磁石埋め込み型回転子のみならず、表面磁石型回転子でも良い。

【0020】第1回転子20Aには、永久磁石21Aが回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる。同じく、第2回転子20Bには、永久磁石21Bが回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる。第1の界磁用磁石と第2回転子の2つの回転子を同一軸上に配置した界磁用磁石は固定子磁極に対向している。

【0021】第2回転子20Bの内径側はナット部23Bとなり、それに当たるシャフトにはボルトのネジ部23Aとなり、お互いにネジの機能を持たせると、第2回転子20Bはシャフトに対して回転しながら軸方向に移動可能である。

【0022】また、第2回転子20Bが固定子の中心から所定の変位以上はみ出さないように前記第2回転子20Bの側面から離れたところにはストッパー24を設ける。さらに、サーボ機構であるストッパー駆動用アクチュエータ25を設けて、前記ストッパー24をシャフトと平行に左右に移動可能にすれば、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との磁極中心がずれる値を変えることが出来る。結果的には、電機子巻線11がスロット内に巻装されている固定子に対して、第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石からなる全体の有効磁束量を制御可能である。

【0023】上記の構造にすることで、トルクの方に於いて永久磁石の有効磁束量を変化することについて述べる。

【0024】基本的に固定子には電機子巻線と回転子には永久磁石を用いる回転電機において、電動機として働く時と、回生（もしくは発電機）として働く時の回転子の回転方向が同じであれば、電動機として働く時と、回生（もしくは発電機）として働く時の回転子が受けるト

ルクの方向は反対になる。

【0025】また、同じ電動機と働く時、回転子の回転方向が反対になれば、トルク方向も反対になる。同じく、同じ回生（もしくは発電機）と働く時、回転子の回転方向が反対になれば、トルク方向も反対になる。

【0026】上記に説明した回転方向とトルク方向による基本理論を本発明の実施形態に係る回転電機に適用すると以下の通りである。

【0027】鉄道車両システムの車両1が発進し、もしくは搬送システムの台車が発進時等のように低回転領域においては、図3に示すように、第1回転子20Aと第2回転子20Bの同磁極の中心が揃うようにし、固定子磁極と対向する永久磁石による有効磁束量を最大にして、高トルク特性が得られる。

【0028】次に高回転領域において高出力特性として働く時は、シャフト22に対して第2回転子20Bはボルトのネジ部からナット部が外れるように第1回転子20Aと第2回転子20Bの間の間隔が広がりながら同磁極の中心がずれて、固定子磁極と対向する永久磁石による有効磁束量を少なくすることになり、言い換えると弱め界磁効果があり、高回転領域において高出力発電特性が得られる。

【0029】第1回転子20Aと第2回転子20Bの間の間隔が広がりながら同磁極の中心がずれて、固定子磁極と対向する永久磁石による有効磁束量が少ない状態の概略を図4に示す。

【0030】図3と図4の左下にはボルトの頭部61、ボルトのネジ部60とナット部62に関係した図を示すが、ボルトの頭部61は第1回転子20A、ナット部62は第2回転子20Bに相当するものである。ボルトのネジ部60（図2内の23Aに相当する）が同じ方向に回転するとすれば、ナット部62にかかるトルクの方向によって該ナット部62は締まったり外れたりするように、第2回転子20Bも回転子のトルク方向によって同じ動きをする。

【0031】本発明の回転電機による誘導起電力の作用について説明する。

【0032】図5に永久磁石形同期回転電機の回転角速度に対する有効磁束、誘導起電力、端子電圧の特性を示す。

【0033】永久磁石形同期回転電機の誘導起電力Eは永久磁石が発生する磁束Φと回転電機の回転角速度ωによって決定される。つまり図5（a）に示す様に、回転子に配置されている永久磁石が発生する磁束Φ1が一定ならば、回転角速度ω（回転数）が上昇すると、回転電機の誘導起電力E1は比例して上昇する。しかし、前記電力変換器4の電源端子電圧や容量の制限があり、回転電機が発生する誘導起電力もある条件値以下に抑えなければならない。その為永久磁石形同期回転電機では、ある回転数以上の領域では永久磁石が発生する磁束を減ら

す為のいわゆる弱め界磁制御を行わなくてはならない。

【0034】誘導起電力が回転角速度に比例して上昇する為、弱め界磁制御の電流も大きくしなければならない故に、1次導体であるコイルに大電流を流す必要があり、おのずとコイルの発生する熱が増大する。そのため、高回転領域における回転電機としての効率の低下、冷却能力を超えた発熱による永久磁石の減磁等が起こりうる可能性がある。

【0035】例えば、図5（a）に示す様に、永久磁石が発生する磁束Φ1がある回転角速度ω1（回転数）のポイントで磁束Φ2に変わると、回転電機の誘導起電力E1から誘導起電力E2特性に変化することで誘導起電力の最大値を制限することが可能である。

【0036】図5（b）は同様に回転角速度ω（回転数）に応じてより細かく磁束Φが変われば、誘導起電力Eも一定に保つことが可能であることの概略を示す。

【0037】更に、図5（b）に示した特性を得る手段の実施例の一つとして、前記第1の界磁用磁石はシャフトに固定し、前記第2の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、シャフトにはボルトのネジ部のネジ部と第2の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせて接続し、第2の界磁用磁石の側面から離れたところにはストッパーを設け、ストッパーを回転速度に応じてシャフトと平行に可変可能なサーボ機構を持たせた回転電機を用いることで可能である。

【0038】図6は図1の回転電機の制御ブロック図を示したものである。

【0039】まず、タービンコントローラ及び単独に設置しているセンサからの情報（圧縮機圧力、ガス温度、運転モード、燃料ガススロットル開度etc）、および永久磁石形同期回転電機2の回転数を基に、運転判断部101が永久磁石形同期回転電機2の運転動作を判断して電流指令値を出力する。運転判断部101から出力された電流指令値は、現在の永久磁石形同期回転電機2の電流値との差分に対して非干渉制御等を行っている電流制御ブロック102に入力する。

【0040】電流制御ブロック102からの出力は回転座標変換部103で3相の交流に変換され、PWMインバータ主回路104を介して永久磁石形同期回転電機2を制御する。また、永久磁石形同期回転電機2の各相の電流（少なくとも2相の電流）および回転数（タービン回転数でもよい。また変速機がある場合にはタービン回転数の通倍した値を用いても良い。）を検出し、各相の電流は2軸変換ブロック105で、2軸電流に変換し、電流指令値にフィードバックしている。また、回転数、磁極位置らは検出器106で検出され、磁極位置変換部107と速度変換部108らを通して各制御ブロックにフィードバックされる。

【0041】尚、図6における実施例では、回転電機2

の位置・速度センサ、ならびに回転電機の電流センサがある場合のものを示したが、これらの一部のセンサを排除し、センサレスにより回転電機2を駆動するタイプの制御構成のものでも、同様に実施可能である。

【0042】また、本発明の永久磁石形同期回転電機は、運転状況に応じて第1回転子と第2回転子の両磁極中心を揃えたり、ずらせたりすることになるので、前記第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁極位置のずれに応じて前記電力変換器を制御するコントローラによる電流供給の進角を補正する機能を持つ。

【0043】電流供給の進角を補正する実施例について述べる。

【0044】前記第1の界磁用磁石はシャフトに固定し、前記第2の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、シャフトにはボルトのネジ部と第2の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせると、第2の界磁用磁石は回転しながら軸方向に移動する。

【0045】運転状況に応じて第1回転子と第2回転子の磁極中心が一致したり、ずれたりする場合の回転角と軸方向変位量の関係を図13に示す。

【0046】図13において、第2回転子の回転角 $\theta$ と軸方向変位量 $\Delta L$ は比例関係であり、変位測定器64を用いて軸方向変位量 $\Delta L$ を測定し、電力変換器のコントローラにフィードバックされ第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石との合成磁極位置のずれ角に換算した値として、電流供給の進角を補正する最適制御に用いる。

【0047】図7は本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0048】前記第1回転子20Aはシャフト22に固定し、前記第2回転子20Bはシャフト22と可動自在に結合すると共に、シャフトの一部にはボルトのネジ部23Aと第2の界磁用磁石の内周側にスリーブ41を固定し、かつスリーブ41の内側にナット部23Bを固定したものを一体化すれば、シャフト22に対して第2回転子20Bはボルトのネジ部からナット部が外れる方向に第1回転子20Aと第2回転子20Bの間の間隔が広がりながら回転する。

【0049】第2の界磁用磁石の内周側とシャフト22間にはわずかな遊びがあるので、回転と共に第2の界磁用磁石の内周側とシャフト22間に鎖交磁束変化が生じると、電食等の障害があるが、前記スリーブ41は鉄より電気抵抗率が高い非磁性体を用いることで、第2の界磁用磁石の内周側とシャフト22間には磁氣的にも、電気的にも絶縁を行う効果がある。

【0050】前記第2の界磁用磁石と前記シャフト間には回転運動と往復運動及び複合運動を案内出来るようにスリーブ41の内側に支持機構40A、40Bを備えた。

【0051】第2回転子20Bはシャフトの一部にボル

トのネジ部23Aを設け、これとお互いにネジの機能を持たせて、第2の界磁用磁石の側面から離れたところには移動可能なストッパ24を設ける。ストッパ24とシャフト間、ストッパと第2回転子20Bの側面間には回転運動と往復運動及び複合運動を案内出来るように支持機構42、47を設ける。支持機構42はスラスト軸受の機能を持ち、支持機構47はラジアル軸受でありながら回転運動と往復運動及び複合運動を案内する機能を持つ。

10 【0052】さらに、ばね48を設けることで、支持機構42はスラスト軸受としてその機能が向上する効果がある。

【0053】ストッパ24はシャフトと平行に移動可能なサーボ機構の一例として電磁クラッチについて述べる。

【0054】電磁クラッチの構成は、ヨーク44にコイル46が巻かれて、ストッパ24は可動鉄心の機能を兼用することで良い。ヨーク44とコイル46は回転電機のフレーム49、若しくは車体の一部に（図に示せず）固定し、ヨーク44とストッパ24の間にばね45を備えて励磁遮断時の復帰装置の機能を持つ。回転電機のフレーム49とシャフト22の間には軸受50で支える。

【0055】図7はコイル46に無励磁状態の概略であり、図8はコイル46に励磁状態の概略を示す。

【0056】コイル46を励磁することでヨーク44は強力な電磁石となり、可動鉄心の機能を兼用するストッパ24を吸引する。

【0057】ここに示した電磁クラッチはストッパ24をシャフトと平行に変位可能なサーボ機構の一例であり、油圧アクチュエータ、回転機とボールネジなどによる直線駆動装置、リニアモータなどを用いることで、より細かなストッパの位置決めが可能である。

【0058】図9は第2回転子20Bの内側に固定されるスリーブ41の一例を示す。

【0059】それらの固定方法の一つとして、第2回転子20Bとスリーブ41からなる2つの部品の接する面のお互いに凸凹を設けて固定した。また、シャフト22に固定した第1回転子20Aとシャフト22と分離した第2回転子20Bの内側違いの概略を示す。

【0060】図10は本発明の他の実施例を示す。

【0061】前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石が接する前記第1の界磁用磁石側面に凹部53を設け、前記第2の界磁用磁石には前記スリーブの機能を兼ねた突起部54を設けた構造である。突起部54はスリーブ41と一体ものでも良いし、第2回転子20Bと一体ものでも良い。よって、スリーブ41の十分なスペースが確保出来、ばね48、支持機構40A、40B、ナット部23Bらを有効に配置することで、第2回転子20Bの軸長積厚が薄い回転電機に有効な手法の一つであ



る。

【0062】図11は本発明の他の実施例を示す。

【0063】図11に示す基本構成要素は図7と同じであるが、電磁クラッチに相当する一部を変更した一例である。図11はコイル46が励磁状態であり、励磁遮断時はばね45によりヨーク44とストッパー24は切り離れる。また、第2回転子20Bにトルクが加わるボルトのネジ部23Aとナット部23Bの相互作用によるネジの機能により推力が得られる特性を持つ。よって、ネジとトルクの相互関係でストッパー24を押し出す推力が加われば、コイル46の励磁を遮断するとストッパー24はヨーク44と切り離れる。ヨーク44はアーム52を介してフレーム49、若しくは台車本体の一部に（図に示せず）固定される。

【0064】図11に示す電磁クラッチは、図7、図8の説明と同じくストッパー24をシャフトと平行に可変可能なサーボ機構の一例であり、油圧アクチュエータ、回転機とボールネジなどによる直線駆動装置、リニアモータなどを用いることで、より細かなストッパー24の位置決めが可能である。

【0065】勿論、各図に示した各々の構成要素は様々な方法で組合せることが可能であり、用途に合わせて加えたり、取り外すことは言うまでもない。

【0066】図12は本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0067】本発明の回転電機の特徴として、第1回転子20Aはシャフト22に対してしっかり固定されているのに対して、第2回転子20Bはシャフト22に対して自由度を持つことになる。従って、第2回転子20Bとシャフト22間にはわずかな機械的な寸法の遊びがあり、大きなトルクや遠心力などが加わると偏心することもあり得る。よって、第1の界磁用磁石を有する第1回転子20Aと前記固定子間のエアギャップGap1より第2の界磁用磁石を有する第2回転子20Bと前記固定子間のエアギャップGap2の方が大きくしたことで、偏心による第2回転子20Bと前記固定子との機械的な接続を省く効果がある。

【0068】図15は本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0069】本発明の回転電機の特徴として、第2回転子20Bの外周側の長さより内周側の長さを短くし、第2回転子20B内側にストッパー24とサーボ機構（ストッパー駆動用アクチュエータ）25を備えた構造である。よって、ストッパー24とサーボ機構25による回転子全体の軸方向長さを押さえる効果がある。

【0070】以上の本発明の説明では、4極機を対象に述べたが、2極機、又は、6極機以上に適用出来る事は言うまでもない。一例として、図14には本発明を8極機に適用した場合の永久磁石形同期回転電機の回転子概略図を示す。また、回転子においては埋め込み磁石形で

も、表面磁石形でも適用出来る事は言うまでもない。

【0071】図16に本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0072】図16は、一次巻線を有する固定子と界磁用磁石とシャフトとを有する回転子からなる回転電機において、前記界磁用磁石は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有することを特徴とする回転電機を示す。

【0073】図11に示す前記回転電機は、一方の界磁用磁石が他方の界磁用磁石に対して変位する機構は、一方の界磁用磁石はシャフトに固定し、他方の界磁用磁石はシャフトとは可動自在にする構造であったが、図16に示す前記回転電機は両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有することが大きな違いである。

【0074】図16において、両方の界磁用磁石の間には中央ストッパー64をシャフト22の備え、両方の界磁用磁石の左右変位を抑える機能を持つ。これらの動きを図3と図4に示すようにボルトとナットに対応した例を図18に示す。

【0075】図18において、図18の(1)に示すように左右両方のナットが中央ストッパー64を挟んで同磁極で揃っているが、左右両方のナットに同じ方向のトルクが加わると片方のナットは外側に外れて行く。

【0076】よって、行きと帰りの回転方向が反対になる回転電機を用いる鉄道車両システムにおいて、電気車の発進等の低回転領域における高トルク特性が要求される場合は、図18の(1)に示すように左右両方の界磁用磁石を強制的に揃え、高回転領域において高出力特性が要求される場合は、図18の(2)(3)に示すように左右両方のストッパー24を必要に応じて可変可能にすれば、両方の界磁用磁石による合成磁界が変化することになり、弱め界磁効果が得られる。

【0077】図17に本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0078】図17は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石と回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石を有し、両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有し、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石との間に回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第3の界磁用磁石を有することを特徴とする回転電機を示す。基本的な構造は図16に示す構造にして、更に回転子中央部に第3の界磁用磁石20Cをシャフト22に固定した例である。図16において、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石との軸方向幅は同じくする。

【0079】図16と図18とは同じく、図17の回転子部をボルトとナットに対応した例を図19に示し、基

本的な動作原理は図18と同様である。

【0080】図16から図19において、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石とは軸方向と回転方向に変位する機構は、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石はシャフトとは可動自在にすると共に、シャフトには同一方向のボルトのネジ部を有する。前記シャフトの前記ネジ部に対して、前記第1の界磁用磁石と前記第2の界磁用磁石の内周側にはナット部になりお互いにネジの機能を持たせたことを特徴とする回転電機である。

【0081】図20と図21に本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【0082】図20と図21は、本発明の回転電機の回転方向が同じである場合、車軸（出力軸）の回転方向を切り替える機構の一例であり、出力軸の回転方向を切り替える機構としては、回転を反転させるギア93とクラッチ90を有する。このような機構を用いることで、鉄道車両のように行きと帰りの車軸84の回転方向が反対になる場合、本発明の回転電機の回転方向を同じにした一例である。

【0083】また、図21は車軸84の回転方向が同じの場合、本発明の回転電機の回転方向を反対にすれば、回転子に備えた両方の界磁用磁石の合成磁界を変化することができる。

【0084】

【発明の効果】本発明の永久磁石形同期回転電機は第1の界磁用磁石と第2の界磁用磁石の磁極中心を変化させるという構成により、固定子磁極と対向する永久磁石による有効磁束量を可変出来るという効果があり、広範囲可変速搬送システムの回転電機に適している。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態をなす回転電機と鉄道車両とのレイアウト図を示す。

【図2】図1の回転電機の全体概略を示す。

【図3】図1の回転電機の回転子同磁極中心が揃った場合概略を示す。

【図4】図1の回転電機の回転子同磁極中心がずれた場合概略を示す。

【図5】図1の回転電機の回転角速度に対する諸特性を示す。

【図6】図1の回転電機の制御ブロック図を示す。

【図7】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（アクチュエータOFF状態）。

【図8】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（アクチュエータON状態）。

【図9】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子の内側を示す。

【図10】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子の内側を示す。

【図11】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（アクチュエータON状態）。

【図12】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子概略図を示す（Gapの差を付ける）。

【図13】本発明の他の実施形態をなす回転電機の軸方向変位測定の概略図を示す。

【図14】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子概略図を示す（8極機に適用した場合）。

【図15】本発明の他の実施形態をなす回転電機の回転子概略図を示す（ストッパを第2回転子の内側に備える）。

【図16】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（両方の界磁用磁石は軸方向と回転方向に変位する機構を有する構造）。

【図17】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す（第1と第2と第3の界磁用磁石を有する構造）。

【図18】図16の回転電機の補足説明を示す。

【図19】図17の回転電機の補足説明を示す。本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

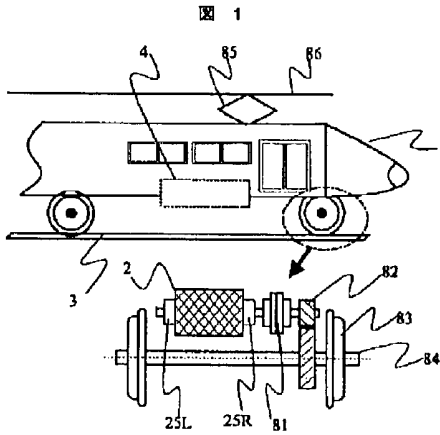
【図20】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

【図21】本発明の他の実施形態をなす回転電機を示す。

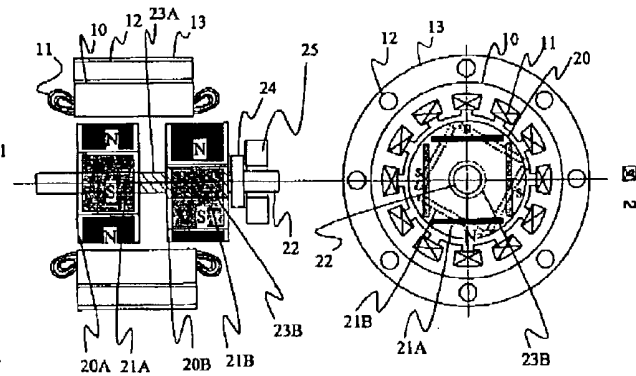
【符号の説明】

2…回転電機、4…電力変換器、10…固定子鉄心、11…電機子巻線、13…ハウジング、20…回転子、20A…第1回転子、20B…第2回転子、21…永久磁石、21A…第1回転子永久磁石、21B…第2回転子永久磁石、22…シャフト、23…ネジ、24…ストッパ、25…ストッパ駆動用アクチュエータ、101…運転判断部、102…電流制御、103…回転座標変換部、104…PWMインバータ主回路、105…2軸変換部。

【図1】

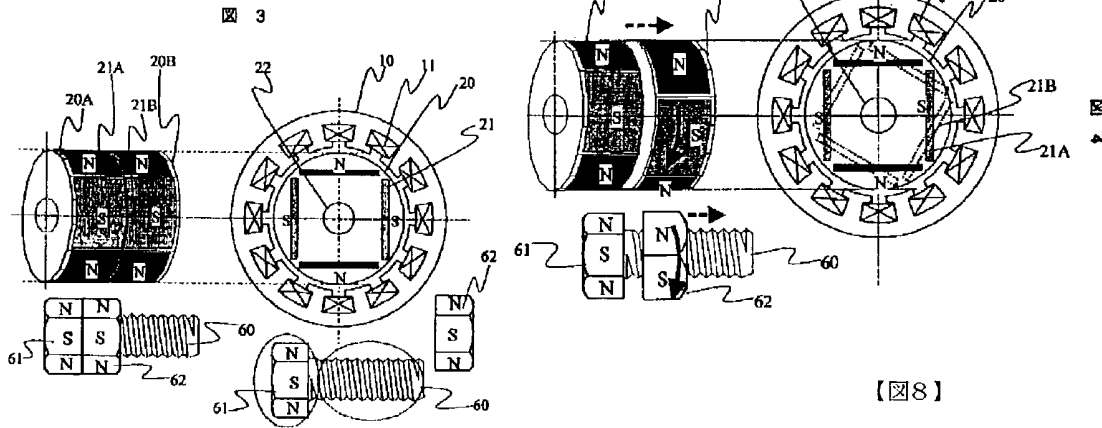


【図2】



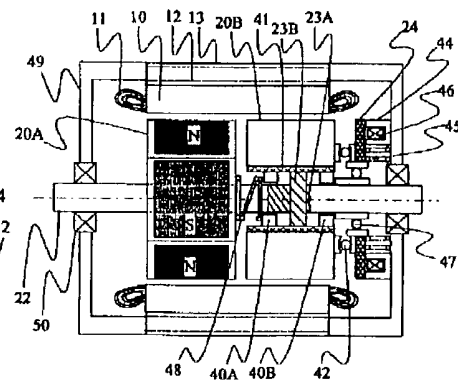
【図4】

【図3】

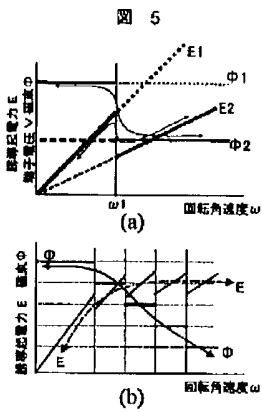


【図8】

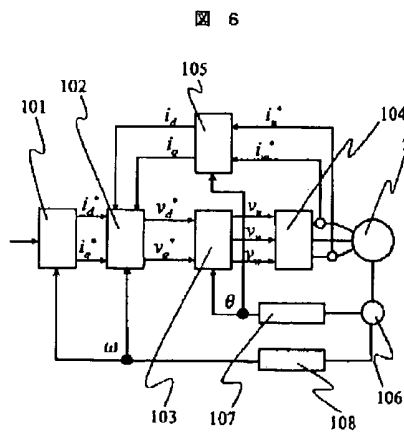
図 8



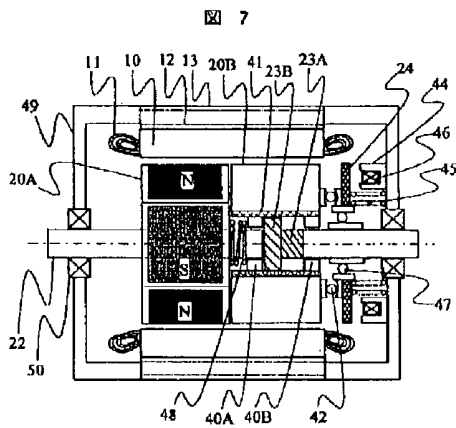
【図5】



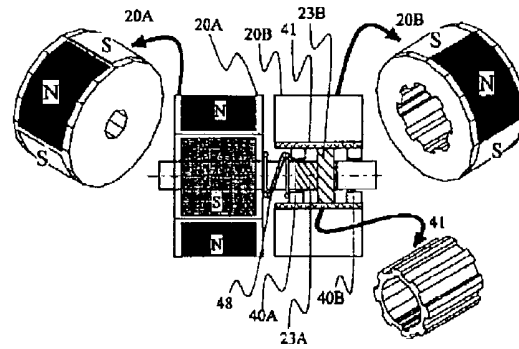
【図6】



【図7】

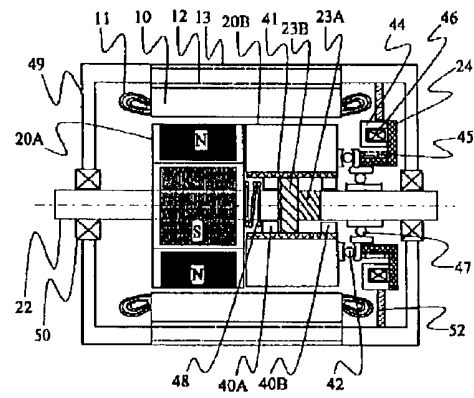


【図9】

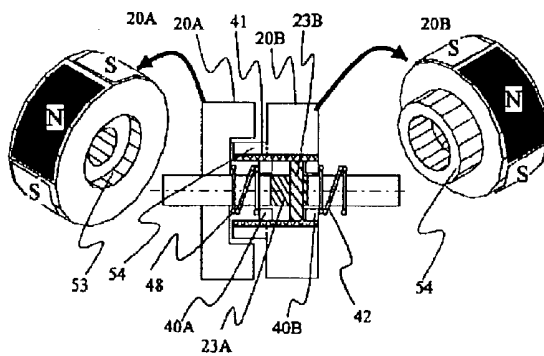


【図11】

図 11

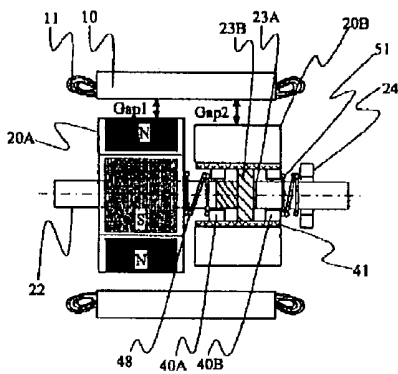


【図10】

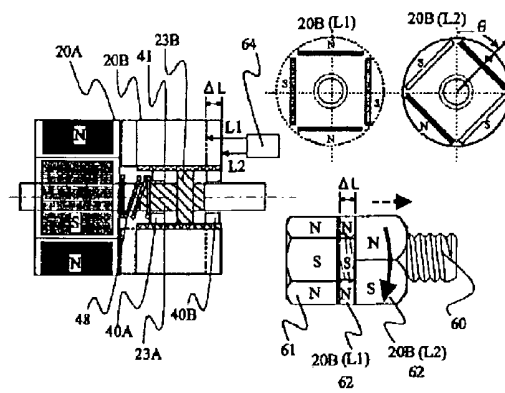


【図12】

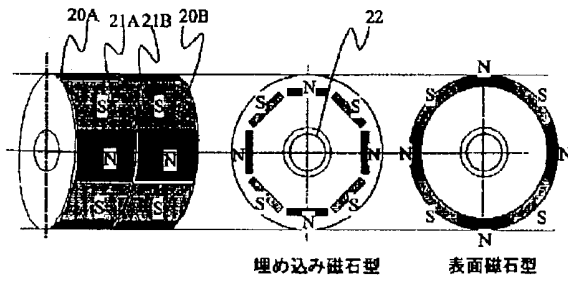
図 12



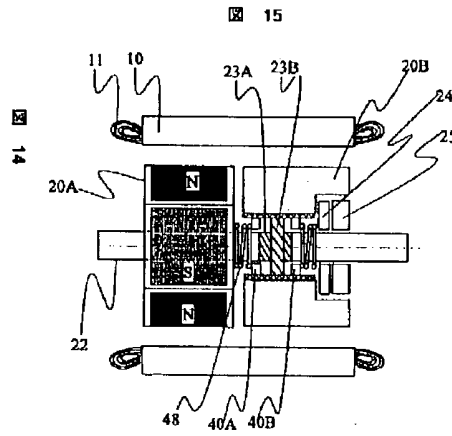
【図13】



【図14】

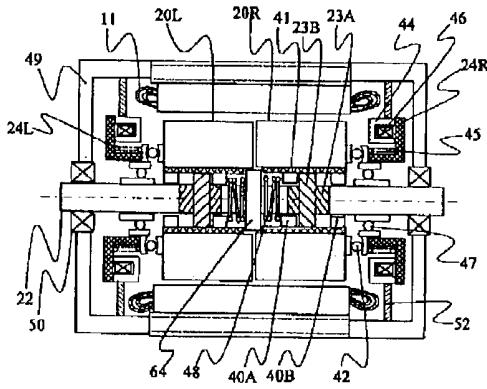


【図15】

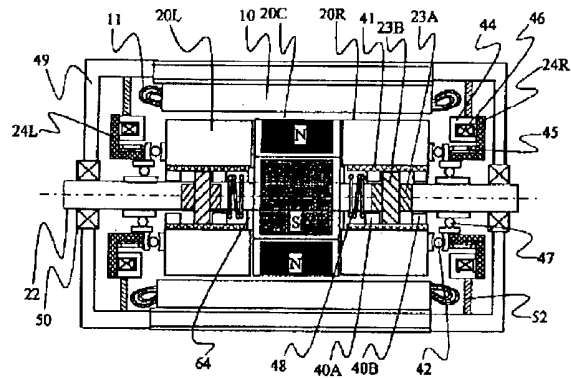


【図16】

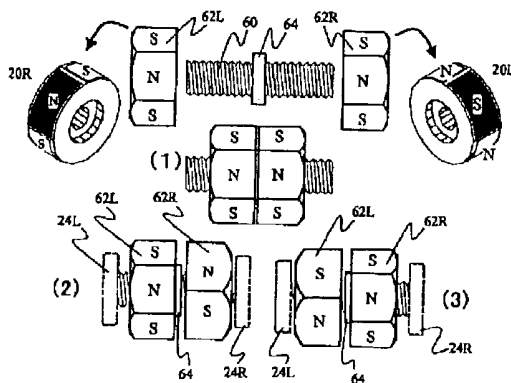
図 16



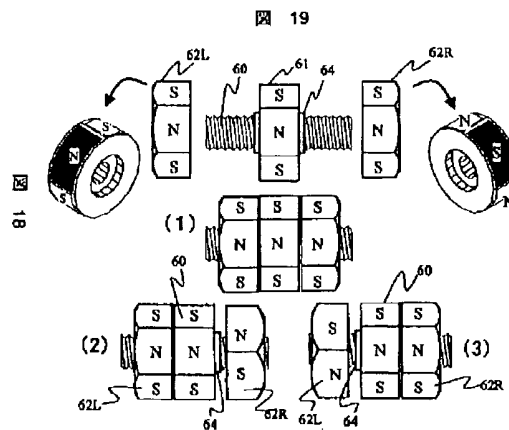
【図17】



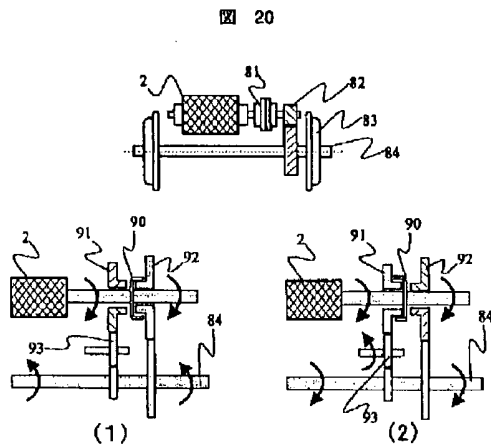
【図18】



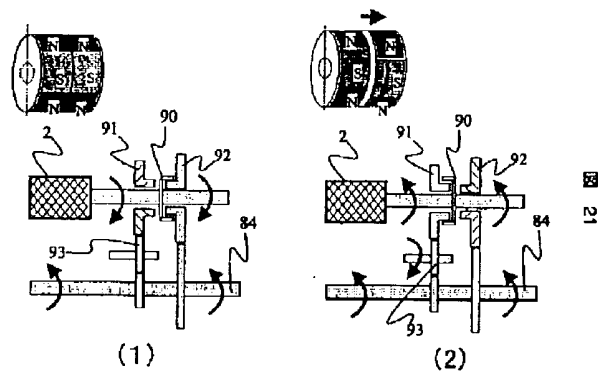
【図19】



【図20】



【図21】



## 【手続補正書】

【提出日】平成13年7月23日(2001.7.23)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】また、同じ電動機として働く時、回転子の回転方向が反対になれば、トルク方向も反対になる。同じく、同じ回生(もしくは発電機)として働く時、回転子の回転方向が反対になれば、トルク方向も反対になる。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正内容】

【0037】更に、図5(b)に示した特性を得る手段の実施例の一つとして、前記第1の界磁用磁石はシャフトに固定し、前記第2の界磁用磁石はシャフトと可動自在に結合すると共に、シャフトにはボルトのネジ部と第2の界磁用磁石の内周側はナット部になりお互いにネジの機能を持たせて接続し、第2の界磁用磁石の側面から離れたところにはストッパーを設け、ストッパーを回転速度に応じてシャフトと平行に変位可能なサーボ機構を持たせた回転電機を用いることで可能である。

フロントページの続き

Fターム(参考) 5H002 AA05 AA09 AB02 AB07 AB08  
AC03 AC06 AE08  
5H621 AA03 BB02 GA01 GA04 GA17  
HH01 JK02 JK05 JK08 JK17  
PP02 PP03 PP10  
5H622 AA03 CA02 CA07 CA13 CB03  
CB05 CB06 PP11